

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-097762

(43)Date of publication of application : 09.04.1999

(51)Int.Cl.

H01L 43/08

G11B 5/39

(21)Application number : 09-251787

(71)Applicant : SUMITOMO METAL IND LTD

(22)Date of filing : 17.09.1997

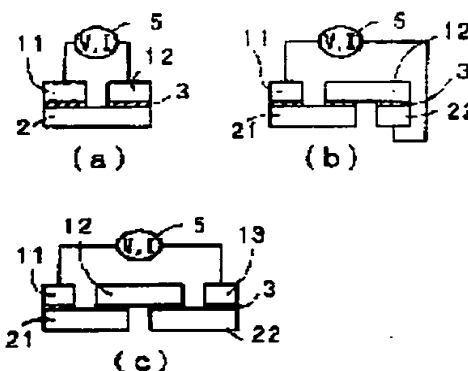
(72)Inventor : SAWAZAKI TATSUO
SUZUKI KOICHI

(54) MAGNETORESISTIVE ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an MR element for a magnetic head, in which the magnetoresistance effect of a ferromagnetic tunnel effect junction is increased and acquired stably.

SOLUTION: A magnetoresistive element, in which two or more of junction sections having a ferromagnetic tunnel effect are connected in series through a ferromagnetic substance layer, is manufactured. Lamination is used or the two ferromagnetic substance layers holding the junction sections of the insulator layers 3 having a tunnel effect are divided (11, 12 and 13 and 21 and 22) as the method of series connection, and the junction sections are connected in series. The two ferromagnetic substance layers have mutually different coercive force, or the direction of magnetization of one ferromagnetic substance layer is fixed by a means such as the adhesion of an anti-ferromagnetic substance layer at that time.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-97762

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月9日

(51) IntCl⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 43/08

H 0 1 L 43/08

Z

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平9-251787

(22) 出願日

平成9年(1997) 9月17日

(71) 出願人 000002118

住友金属工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号

(72) 発明者 沢崎 立雄

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号住

友金属工業株式会社内

(72) 発明者 鈴木 功一

大阪府大阪市中央区北浜4丁目5番33号住

友金属工業株式会社内

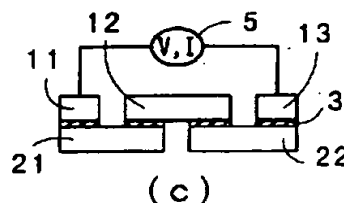
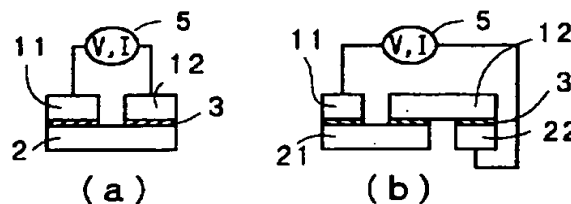
(74) 代理人 弁理士 穂上 照忠 (外1名)

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子

(57) 【要約】

【課題】 強磁性トンネル効果接合の磁気抵抗効果を大きくし、かつ安定して得られるようにした、磁気ヘッド用のMR素子。

【解決手段】 強磁性トンネル効果を有する接合部を、強磁性体層を介して2つ以上直列に接続した磁気抵抗効果素子とする。直列接続の方法は、積層するか、またはトンネル効果を有する絶縁体層3の接合部を挟む2枚の強磁性体層を分割 (11、12および13と、21および22) し、接合部が直列になるようにする。その際、2枚の強磁性体層は相互に保磁力の異なるものとするか、あるいは一方の強磁性体層を反強磁性体層の付着等の手段により磁化方向を固定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】二つの電導性の強磁性体層を絶縁性の非磁性体層を挟んで接合した、接合部の強磁性トンネル効果を利用する磁気抵抗効果素子であって、トンネル効果を有する接合部を、強磁性体層を介して2つ以上直列に接続したことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】絶縁性の非磁性体層をC層、これを挟んで接合した二つの電導性の強磁性体層をそれぞれA層およびB層とし、A層とB層との間にC層による強磁性トンネル効果があるとするとき、A層のみ、もしくはB層のみ、またはA、B両層ともに複數に分割し、分割された同じ層の分割片はそれぞれ相互に絶縁された状態であり、A層とB層とのそれぞれの分割片のC層を挟んだ接合部分がいずれも強磁性トンネル効果を有し、かつそれらの接合部分が各強磁性体層を介して電氣的に直列に接続されていることを特徴とする、請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】絶縁性の非磁性体層をC層、これを挟んで接合した二つの電導性の強磁性体層をそれぞれA層およびB層とするとき、A層を構成する強磁性体とB層を構成する強磁性体との保磁力が異なることを特徴とする請求項1または2に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】絶縁性の非磁性体層をC層、これを挟んで接合した二つの電導性の強磁性体層をそれぞれA層およびB層とするとき、A層またはB層のいずれか一方の層の、C層と接していない側に磁化固定層を付着させ、その層の磁化方向を固定することを特徴とする、請求項1、2または3に記載の磁気抵抗効果素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ディスク装置、磁気エンコーダ装置等の磁気ヘッドに用いられる磁気抵抗効果を利用した素子に関する。

【0002】

【従来の技術】磁気抵抗効果（MR効果：Magnetoresistance effect）は、導電体に磁界を印加すると電気抵抗が変化する効果であり、これを利用した素子（MR素子）は磁気媒体に記録された情報を読みとる磁気ヘッドなどに活用されている。特定方向の磁化容易軸を有するFe-Ni合金などの強磁性体薄膜に磁界を加えると、その外部磁界の方向により磁化軸が回転し、電流を流しておけば電流の方向と磁化軸とがなす角度により抵抗値が変化するので、磁界の変化を電圧変化として取り出せる。このMR素子を用いた磁気ヘッドは、磁気媒体の移動速度の影響を受けず、小型化が可能であり、磁気媒体に線密度をきわめて高くして記録された情報を、容易に識別して取り出すことができる等の利点がある。しかし磁気抵抗の変化率が高々2%程度であり、S/N比を大きくとれない難点がある。

【0003】上述のMR効果は強磁性体の異方性磁気抵

抗効果によるものである。これに対し、強磁性体であるFeと非磁性体であるCrから構成される多層膜が、従来にない大きな磁気抵抗効果を示すことが見出されて以来、この巨大磁気抵抗効果（GMR効果：Giant Magnetoresistance effect）を磁気ヘッドに利用するための種々の検討がおこなわれている。代表的なものとしては、特開平4-358310号公報に示された例に、厚さ150の2つの強磁性体合金NiFe層を厚さ20のCu膜で隔てたGMR膜がある。これは一方のNiFe層の磁化方向を固定しておき、もう一方のNiFe層の磁化方向が、磁気記録媒体などの磁界により回転できるようにしておくと、その二層の磁化方向の間の角度の大きさにより膜の電気抵抗値が変化するものである。磁気ヘッドに適用するには、磁気媒体面に対して膜面を垂直に立て、膜端面を磁気記録媒体に近づけて磁界変化を検出する。

【0004】同様な磁気抵抗効果は、二つの電導性強磁性体層に挟まれたきわめて薄い絶縁体層において、トンネル効果により電子が流れる場合にも見出されている。この絶縁体層の両側の強磁性体の磁化方向が、相互に同じである場合と異なる場合とでトンネル効果に差があるために、電気抵抗値変化として検出されるというものである（S.Maekawa and U.Gafvert:IEEE Trans. Mag. Mag-18(1982), p. 707）。そして、強磁性体層および絶縁体層の組み合わせによって、常温でこの強磁性トンネル効果があることがわかり、磁気抵抗効果素子の可能性が提示された（中谷、北田：日本金属学会1990年秋期大会講演概要集，p. 364）。この素子は、他のMR素子あるいはGMR素子が、導体膜の面に平行に流れる電流の抵抗変化を信号として取り出すのに対し、層間、すなわち膜面に垂直な方向の電流の抵抗変化を検出する。さらに、絶縁体のトンネル効果なので電気抵抗が大きいという特徴もある。

【0005】強磁性トンネル効果接合を磁気ヘッド用のMR素子に適用した例として、特開平5-63254号公報に開示された発明がある。この発明は、磁界の及ぼす抵抗値変化の挙動が、従来の強磁性体の磁気異方性に基づく場合と、強磁性トンネル効果に基づく場合とで異なることに着目し、これら二つを組み合わせ、弱磁界での感度が高く、ゼロ磁界に対して非対称の磁気抵抗曲線をバイアス磁界無しで得られる素子を提供しようとするものである。

【0006】強磁性トンネル効果接合による磁気抵抗効果素子は、このように従来のMR素子にない特徴を有するが、現状ではまだその抵抗変化率は十分高くなく、磁気異方性に基づく抵抗変化率を超えるまでには至っていない。しかし、絶縁性薄膜の材質や製造方法の改善により、抵抗変化率がさらに向上すれば、様々な形で活用できることが期待される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、強磁性トン

ネル効果接合の磁気抵抗効果を、磁気ヘッド用の素子とし活用するのに十分な大きさにし、さらにその効果を安定して得ること目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、強磁性トンネル効果接合の磁気抵抗効果を、より変化の大きいものとするための検討をおこなった。

【0009】強磁性トンネル効果接合の磁気抵抗効果素子の原理は次のとおりである。図1(a)に模式的に示すように、強磁性体Aの層1と強磁性体Bの層2の間に、絶縁体のC層3があり、強磁性体AとBの間に電流を流すとともに抵抗値変化を検出する装置5が接続されているとする。ここで、外部から磁界が印加された場合、両強磁性体の磁化方向が同じ向きである時は、トンネル効果による電気抵抗が低い、磁化方向が図1(b)に示すように、相互に異なる向きになると電気抵抗が高くなる。それによって外部の磁界の変化を電気信号として検出できる。

【0010】外部磁界により、両強磁性体層の磁化方向を平行から相互に異なる向きにさせるには、主に二つの方法がある。一つの方法は合金組成を変えるなどして、強磁性体AとBとの保磁力に違いを持たせるものである。図1(a)に示すように、保磁力(Hc)の大きい方をA層1、小さい方をB層2とし、層1も層2もC層3に対し平行で同じ方向に磁化しているとする。そこへ、保磁力の大きい強磁性体Aの磁化方向を変えるほどには強くないが、保磁力の小さいBに対しては磁化方向を十分変えることのできる強さの外部磁界が印加されると、図1(b)に示すように絶縁体層両側の強磁性体の磁化方向が相互に異なり、抵抗が増す。もう一つの方法は、図1(c)に示すように、一方の強磁性体層の磁化方向を定まった方向にする磁化固定層4を付着させるものである。この磁化固定のための磁性体をDとする。このD層に硬質の強磁性体か、または反強磁性体を用いて交換結合磁界が生じさせると強磁性体層1の磁化方向を固定でき、C層3を挟んだもう一方の強磁性体層2の磁化方向が外部磁界により変化しても、その方向は変化せず、C層3を挟んだ両強磁性体に異なる方向の磁化を与えることができる。この交換結合磁界の磁化方向は、成膜時や熱処理時の磁界印加によって容易に設定できる。

【0011】このような強磁性トンネル効果接合の磁気抵抗効果について、強磁性体AをFe-C合金、絶縁体CをSiO₂、強磁性体BをFe-Ni合金とし外部磁界を±100エルステッド(Oe)の間で変化させた場合の抵抗変化率を測定した例を図2に示す。ここで、白丸は磁界を-100Oeから+100Oeまで変化させた場合、黒丸はそれに引き続き、磁界を+100Oeから-100Oeまで変化させた場合をそれぞれ示している。保磁力(Hc)に差があるので、磁界を一侧から+側に変化させると、保磁力の大きいA層の磁化方向が変わらないのに対し、保

磁力の小さいB層の磁化方向が変化して行き、それについてトンネル効果接合部の抵抗が増し、さらに+側に強くなると、A層も磁化方向が回転し、B層と同じ方向になってしまうので、急速に抵抗率が低下する。磁界方向を逆にしても同じ傾向を示す。この場合の抵抗変化率は、多くても2%程度である。そこで、この抵抗変化率を高める方法として、強磁性トンネル効果接合を2ヶ以上直列に接続することを検討した。

【0012】まず、この接合部を2ヶ直列に接続した結果、4%程度の抵抗変化率をもつ素子の得られることが明らかになった。その方法は、図3(a)に例示したように、絶縁体層を2層組み込んで積層し、導電性強磁性体の最上層と最下層とに、電流または信号の入出力端子を取り付ける。その場合、2ヶの絶縁体層を挟む強磁性体層の保磁力が、それぞれお互いに異なるようにすれば、磁気抵抗効果は膜面に垂直な方向の電流の変化であることから、直列の接続が実現できるのである。さらに保磁力の異なる強磁性体Aの層1とBの層2とを絶縁体層を挟んで順次交互に積層していけば、図3(b)に例示したように、比較的単純な積層構成にて複数の絶縁体層の直列接続が可能である。また例えば図3(c)に示すように、層1の外側の上下に磁化固定層4を付着させたり、図3(d)に示したように、磁化固定層4を組み込んで積層してもよい。

【0013】このようにして、強磁性トンネル効果接合を2ヶ、またはそれ以上の数の直列接続によって、抵抗変化率を大きくできることを知ったが、実際にこの複数のトンネル効果接合を有する積層体を用いるとき、次のような問題がある。すなわち、良好なトンネル効果接合を得るためには、絶縁体層を薄くかつ均一に成膜し、その上でその性能を十分確認しなければならない。厚くなりすぎるとトンネル電流が流れなくなり、薄くなりすぎるとごくわずかな欠陥でも磁性体層が短絡してしまい、必要とする効果が得られない。すなわち、望ましい効果の得られる絶縁体層の厚さは狭い範囲に限られ、その厚さを制御することは容易ではないので、絶縁膜を二層、三層と成膜していくと、良好な膜の揃った製品の歩留まりが大幅に低下し、良品を得るための所要工数の増大を来す。また、図3(d)の例からも予想できるように、外部磁界に感応する層が図のように上下方向に分かれて存在するので、例えば、これらの層の面方向が紙面に垂直で、磁気記録媒体面が紙面に平行に上下方向に移動するとすれば、信号検出の鮮鋭度が低下するおそれもある。

【0014】そこで、さらにこの直列接続の効果をより容易に実現するための方策の検討を進めた結果、絶縁体層の成膜を一度で完了させ、磁気媒体の移動方向に対して磁気感応層が一層で、しかもトンネル効果接合を2ヶ以上直列に接続できる積層体の素子をも発明したのである。すなわち本発明は、強磁性トンネル効果接合を2ヶ以上直列に接続して、抵抗率変化をより大きくした磁気

抵抗効果素子であり、さらにその直列接続の形態を改善したもので、その要旨は次のとおりである。

【0015】(1) 二つの電導性の強磁性体層を絶縁性の非磁性体層を挟んで接合した、接合部の強磁性トンネル効果を利用する磁気抵抗効果素子であって、トンネル効果を有する接合部を、強磁性体層を介して2つ以上直列に接続したことを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【0016】(2) 絶縁性の非磁性体層をC層、これを挟んで接合した二つの電導性の強磁性体層をそれぞれA層およびB層とし、A層とB層との間にC層による強磁性トンネル効果があるとするとき、A層のみ、もしくはB層のみ、またはA、B両層ともに複数に分割し、分割された同じ層の分割片はそれぞれ相互に絶縁された状態であると同時に、A層とB層のそれぞれの分割片のC層を挟んだ接合部分がいずれも強磁性トンネル効果を有し、かつそれらの接合部分が各強磁性体層を介して電気的に直列に接続されていることを特徴とする、(1)に記載の磁気抵抗効果素子。

【0017】(3) 絶縁性の非磁性体層をC層、これを挟んで接合した二つの電導性の強磁性体層をそれぞれA層およびB層とするとき、A層を構成する強磁性体とB層を構成する強磁性体との保磁力が異なることを特徴とする(1)または(2)に記載の磁気抵抗効果素子。

【0018】(4) 絶縁性の非磁性体層をC層、これを挟んで接合した二つの電導性の強磁性体層をそれぞれA層およびB層とするとき、A層またはB層のいずれか一方の層の、C層に接していない側に磁化固定層を付着させ、その磁化方向を固定することを特徴とする、(1)、(2)または(3)に記載の磁気抵抗効果素子。

【0019】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を模式図を用いて説明する。この場合、磁気抵抗素子の必要部分のみ取り出して説明するが、実際の素子は、基板上に成膜され、保護層、電極等が設置されることは通常のものと同じである。まず、強磁性トンネル効果を有する接合部分を直列に接続する磁気抵抗素子は、前述の図3に例示した積層によって実現できる。トンネル効果に比して、導電体強磁性層の電気抵抗は遙かに低く、強磁性体層を介して接続された接合部分は、実質的にそれらを直列に接続した状態になっている。

【0020】次に、強磁性トンネル効果を有する接合部分を直列に接続する別の方法として、図4に例示した形態とする。これは、絶縁体のC層を上下二つの強磁性体層、すなわちAとBとの2層で挟んで接合したものであるが、図4(a)ではA層を11および12の二つに分割し、11と12とは相互に絶縁された状態でC層3によりB層2に接合されている。11および12に入出力電極を設け、電流を通じ信号検出をおこなわせれば、11と2との間、および12と2との間のC層3すなわち接合部分は、電流の流れに対し直列状態となり、それに応じた抵抗比変化が得

られる。図4(b)はA層を2分割して11および12、さらにB層も2分割して21および22とし、11と21、21と12、12と22とをそれぞれC層3で接合されるようにしたものである。ここで11および22に入出力電極を設けて通電および信号検出をおこなえば、3ヶの接合部分を直列接続したことになる。また図4(c)はA層を3分割、すなわち11、12および13とし、B層を2分割して21および22としたもので、二つの強磁性体の接合部分が、4ヶあり、これらが直列に接続されている。このように、図4の(b)または(c)の形で、層の分割と接続を繰り返してその数を増していけば、さらに多くの接合部分を直列に接続することが可能である。なお、図4(a)または、図4(c)のように、接合部分の数が偶数の場合、入出力電極の位置を同じ面(図では上面)に揃えられ、電極設置工程を一回で済ますことができる。

【0021】A層またはB層の分割は、成膜時にパターンを形成させればよいが、成膜後その層を切断して分割してもよい。いずれにせよ、本発明の実施に際し、最も重要な強磁性トンネル効果を得るための絶縁体層の成膜作業は、直列に接続する接合部分の数が増しても一度で済ますことができ、作業工数の低減、および良品歩留まりの向上が可能になる。

【0022】図4に示した積層素子形態の例では、A層とB層との強磁性体の保磁力が異なるものを用いる必要があり、例えばA層は保磁力が大きく、B層は保磁力が小さい強磁性体としておけば、磁気記録媒体などによる外部磁界により、C層の上下が逆平行磁化を得ることができる。また、図5(a)、(b)および(c)に例示するように、磁化方向を固定しておく方の層の外側に層41、42または43の、すなわち磁化固定用のD層を設置すれば、同様の結果が得られる。D層を設置する場合、A層とB層とは同じ強磁性体を用いることができ、D層の位置は、A層側であってもB層側であってもよい。

【0023】以上のように、強磁性トンネル効果を有する絶縁性の非磁性体層をC層、これを挟んで接合した二つの電導性の強磁性体層をそれぞれA層またはB層とする三層の積層体において、A層、またはB層を分割することにより、複数のトンネル効果接合を直列接続することが可能である。しかし、実際の磁気記録媒体ではトラック幅に限界があり、MR素子の幅にも限界があるため、分割数を増して直列接続の数を増そうとすると、接合部分の面積が減少し、接続数の増加と相まってきわめて高い抵抗値になってしまい、その上、安定した成膜も困難になってきて実用に適さなくなる。したがって、接合部の直列接続の実現可能な数は4ヶ程度までであり、好ましいのは、安定した性能がえられかつ製造も容易な図3(a)や図4(a)に例を示した、2ヶ直列の最も単純な形態の場合である。

【0024】強磁性体層はFe、CoおよびNiからなる合金とし、それらの組成を変えれば保磁力を大きく変

えられる。ただし、本発明においては、これらの合金組成は特定の範囲に規制するものではなく、適用する外部磁界の強さに応じて、A層とB層との間に保磁力の差が現れるように適宜選定されておればよい。また、強磁性体層の一方を磁化方向固定するD層には、硬質の強磁性合金を用いてもよいが、材料組成の選定や熱処理、磁化方法等複雑な製造法管理を要するので、薄膜の場合は、強磁性体層に反強磁性体層を重ねて、交換結合磁界(Hex)を発生させ磁化方向を固定するのが好ましい。磁化の方向は、磁界印加成膜、または磁界印加熱処理により容易に決定できる。この場合はA層、B層とも同じ組成の、ないしは同じ保磁力の強磁性体を用いてもよい。反強磁性体としては、Hexが大きく成膜も容易な、Mn系の反強磁性合金、すなわちFe-Mn、Ir-Mn、Rh-Mn、Ni-Mn、Pd-Mnなどの合金、さらにはNiO、CoOおよびそれららの混合物など酸化物系の磁性体、を用いるとよい。

【0025】強磁性トンネル効果を有する非磁性体層には、電気抵抗の大きい半導体も使用できる。しかし、安定した効果を長期にわたって得るには酸化物系の絶縁体がよく、低コストのAl₂O₃やSiO₂などを用いるのが望ましい。トンネル効果はこの絶縁層の厚さが10~500 Åの範囲にて得ることができるが、通常は厚くなるとトンネル電流がきわめて微弱になるので薄いほど良好である。しかし、薄くしすぎるとわずかな欠陥でも容易に短絡してトンネル効果が得られなくなるので、15~100 Å程度の範囲に管理するのがよい。強磁性体層および反強磁性体層の厚さは、所要の結果が得られればよく、本発明の効果には直接影響しないので特に規制はしない。これら強磁性体、絶縁体、あるいは反強磁性体の成膜は、従来用いられている各種のスパッタ法等を用いておこなえばよい。

【0026】

【実施例】

【実施例1】図3(a)に模式的に示した構造の、接合部を2ヶ直列に接続した素子を作製した。ガラス基板(コーニング#0211)上にCu電極を設け、その上にイオンビームスパッタ装置を用い、強磁性体Aに相当するNi-20原子%Feの層1、絶縁体Cに相当するSiO₂の層3、強磁性体Bに相当するCo-10原子%Feの層2、SiO₂の層3、Ni-20原子%Feの層1と順次成膜し、さらにCuの電極を付けた。各層の厚さは、層1および層2はそれぞれ100 Å、層3は25 Åとした。成膜条件は次のとおりである。

【0027】イオンビーム加速電圧	500	V
イオンビーム電流	60	mA
成膜前到達真空度	5×10^{-7}	Torr
Arガス圧	10^{-4}	Torr

このようにして素子を10個製作し、直流4端子法により磁気抵抗曲線を測定した。結果の一例を図6に示すが、

抵抗変化率は最大で4.0%に達しており、図2に示した強磁性トンネル効果接合部が一つである素子に比較して、2倍近い抵抗変化率が得られることがわかる。

【0028】ただし、作製した10個の素子のうち正常に作動したのは5個であり、他は素子として使用できないものであった。これは絶縁層の不良によるが、ことに二番目に成膜する絶縁層の不良が多い。これは、下層の影響を受けやすいためと考えられた。

【0029】【実施例2】図4(a)に模式的に示した構造の素子を10個作製した。その際、ガラス基板上に強磁性体Bに相当するCo-10原子%Feの層2、絶縁体CのSiO₂の層3、強磁性体AのNi-20原子%Feの層1、および12を、イオンビームスパッタ装置を用い、実施例1と同一条件で順次成膜し、それぞれの膜の厚さも実施例1と同一とした。

【0030】得られた素子について磁気抵抗を測定したところ、9個は正常に動作したが、1個は動作不良であった。素子の抵抗変化率の測定例を図7に示すが、図6と同様、4.0%に達する抵抗変化率が得られている。このように、素子の構造を膜を分割して電氣的に直列とすることにより、積層して直列にする場合と同等の効果が得られ、しかも良品の歩留まりを大幅に向上させることができる。

【0031】【実施例3】図5(a)に模式的に示す、反強磁性体Dの層41および42により、強磁性体Aの層11および12の磁化方向を固定した素子を10個作製した。ガラス基板の上に、基板側から強磁性体BのNi-20原子%Feの層2、絶縁体CのAl酸化物層3、強磁性体AのCo-10原子%Fe層11および12、反強磁性体DのIr-82原子%Mnの層41および42を成膜した。膜の厚さはA、BおよびDの各層はいずれも100 Å、C層は25 Åである。まずNi-Fe合金のB層2を実施例1と同様イオンビームスパッタで成膜し、Al酸化物のC層3はRFスパッタ装置により金属Alを付着させた後、大気中にて24時間放置し自然酸化させた。次いで、DCスパッタ装置により、A層11および12のCoFe合金、およびD層41および42のIr-Mn合金を、いずれも400 eVの直流磁界中で成膜した。

【0032】得られた素子について、直流4端子法により磁気抵抗曲線を測定した。図8に結果の1例を示すように、4%を超える抵抗変化率が得られている。この場合A層の磁化方向がD層によって固定されているため、上記実施例1または2の、保磁力が異なる強磁性体層を組み合わせた場合よりはるかに強い磁界でも、大きな抵抗変化率を示している。外部磁界がない場合、A層の磁化方向に引かれてB層も同じ磁化方向であるが、A層と逆の方向の磁界が印加されると、B層の磁化方向が逆転し、抵抗が増加する。A層の磁化方向は、印加磁界が強くなりHexを超えるようになると回転し、やがてはB層と同じ方向になって抵抗率は低下する。図8に示された

外部磁界による磁気抵抗変化曲線は、Hexにより磁化を方向づけられたA層の磁化のヒステリシス曲線に対応している。

【0033】なお、作製した10個の素子のうち、8個の素子は正常に作動したが、2個は不良であった。

【0034】

【発明の効果】本発明は、強磁性トンネル効果接合の磁気抵抗効果を、磁気センサー用素子として活用するのに十分な大きさにしたもので、抵抗変化率が大きく、ハードディスクの磁気ヘッドなどに利用できる。また、素子形状の改善により、積層数を低減でき、製造の際の良品歩留まりの向上、作業工数の低減が可能となり、さらには磁気媒体からの磁場信号検出の鮮鋭度低下の抑止効果も期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】強磁性トンネル効果接合を説明する模式図である。

【図2】従来の強磁性トンネル効果接合を用いた、磁気抵抗効果素子の磁界による抵抗変化率を示した図である。

【図3】積層により強磁性トンネル効果接合部を直列に接続した素子を説明する図である。

【図4】強磁性体層の分割により、強磁性トンネル効果

接合部を直列に接続した素子を説明する図である。

【図5】磁化固定層を用いた、強磁性体層の分割により、強磁性トンネル効果接合部を直列に接続した素子を説明する図である。

【図6】異なる保磁力を持つ強磁性体層を用い、各層を順次積層して、強磁性トンネル効果接合部を2ヶ直列に接続した素子により、外部磁界と抵抗変化率の関係を測定した図である。

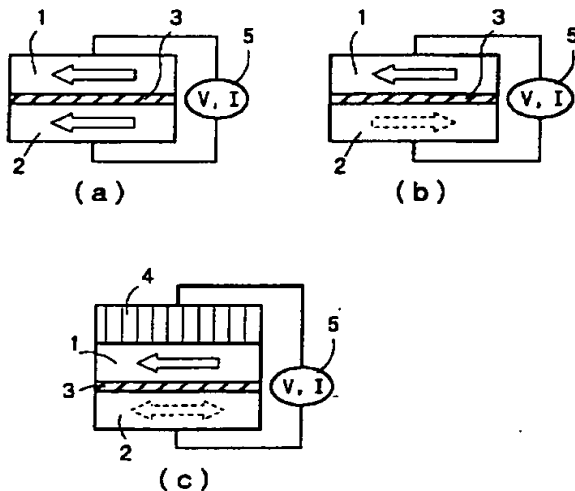
【図7】異なる保磁力を持つ強磁性体層を用い、一方の強磁性体層を分割することにより、強磁性トンネル効果接合部を2ヶ直列に接続した素子の、外部磁界と抵抗変化率の関係を測定した図である。

【図8】強磁性体層の一方の磁化方向を交換結合磁界にて固定し、かつ分割することにより強磁性トンネル効果接合部を2ヶ直列接続した素子の、外部磁界と抵抗変化率の関係を測定した図である。

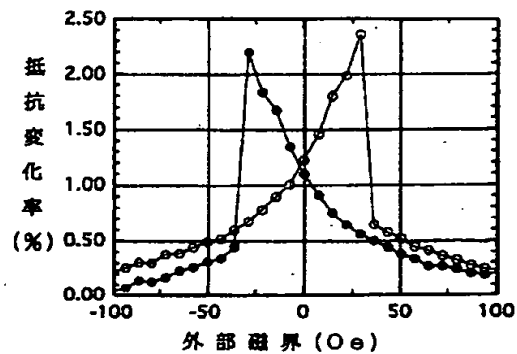
【符号の説明】

- | | |
|---------------|---------------------|
| 1, 11, 12, 13 | 強磁性体Aの層 |
| 2, 21, 22 | 強磁性体Bの層 |
| 3 | 強磁性トンネル効果を有する絶縁体Cの層 |
| 4, 41, 42, 43 | 磁性体Dによる磁化固定層 |
| 5 | 電流供給および信号検出装置 |

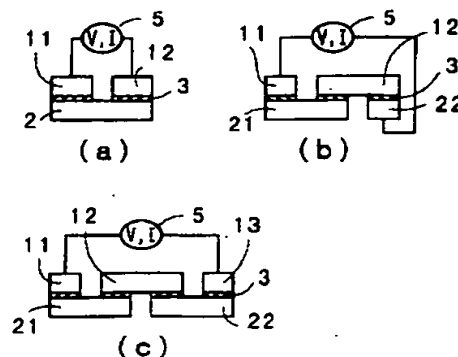
【図1】



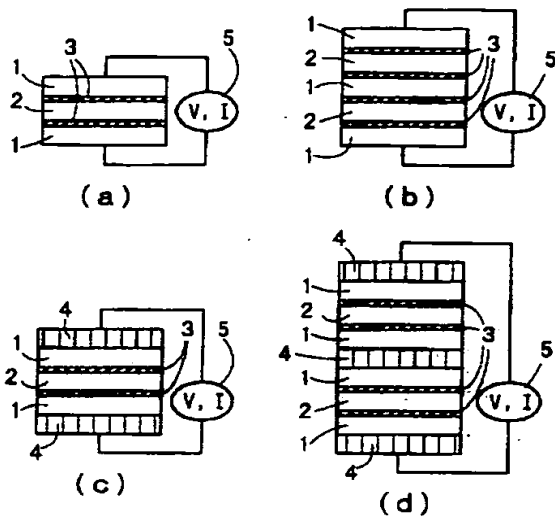
【図2】



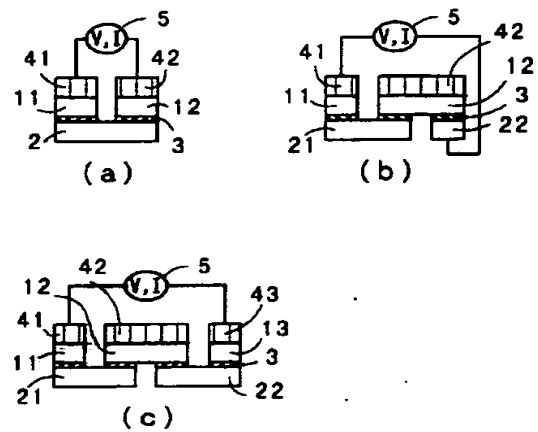
【図4】



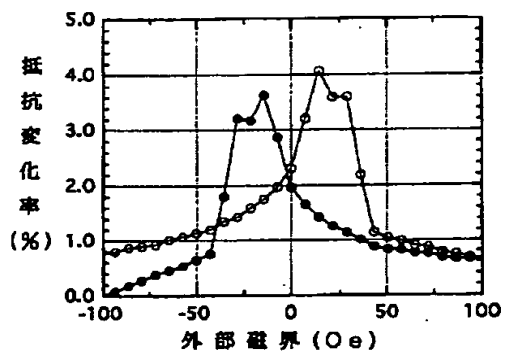
【図3】



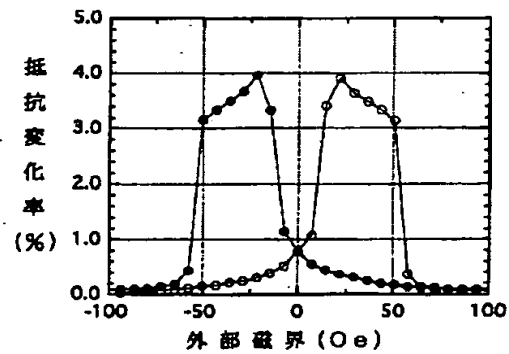
【図5】



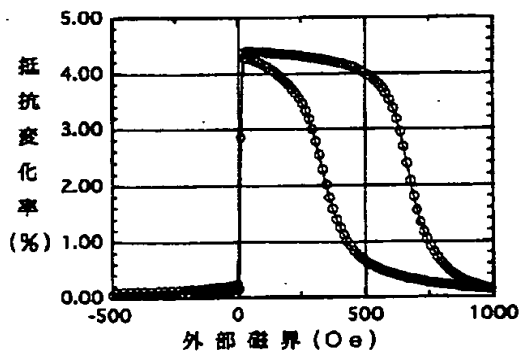
【図6】



【図7】



【図8】



【手続補正書】

【提出日】平成10年8月7日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0003

【補正方法】変更

【補正内容】

【0003】上述のMR効果は強磁性体の異方性磁気抵抗効果によるものである。これに対し、強磁性体であるFeと非磁性体であるCrから構成される多層膜が、従来には大きな磁気抵抗効果を示すことが見出されて以来、この巨大磁気抵抗効果（GMR効果：Giant Magnetoresistance effect）を磁気ヘッドに利用するための種々の検討がおこなわれている。代表的なものとしては、特開平4-358310号公報に示された例に、厚さ150Åの2つの強磁性体合金NiFe層を厚さ20ÅのCu膜で隔てたGMR膜がある。これは一方のNiFe層の磁化方向を固定しておき、もう一方のNiFe層の磁化方向が、磁気記録媒体などの磁界により回転できるようにしておくと、その二層の磁化方向の間の角度の大きさにより膜の電気抵抗値が変化するものである。磁気ヘッドに適用するには、磁気媒体面に対して膜面を垂直に立て、膜端面を磁気記録媒体に近づけて磁界変化を検出する。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正内容】

【0025】強磁性トンネル効果を有する非磁性体層には、電気抵抗の大きい半導体も使用できる。しかし、安定した効果を長期にわたって得るには酸化物系の絶縁体がよく、低コストのAl₂O₃やSiO₂などを用いるのが望ましい。トンネル効果はこの絶縁層の厚さが10~50Åの範囲にて得ることができるが、通常は厚くなるとトンネル電流がきわめて微弱になるので薄いほど良好である。しかし、薄くしすぎるとわずかな欠陥でも容易に短絡してトンネル効果が得られなくなるので、15~100Å程度の範囲に管理するのがよい。強磁性体層および反強磁性体層の厚さは、所要の結果が得られればよく、本発明の効果には直接影響しないので特に規制はしない。

これら強磁性体、絶縁体、あるいは反強磁性体の成膜は、従来用いられている各種のスパッタ法等を用いておこなえばよい。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0026

【補正方法】変更

【補正内容】

【0026】図3(a)に模式的に示した構造の、接合部を2ヶ直列に接続した素子を作製した。ガラス基板（コーニング#0211）上にCu電極を設け、その上にイオンビームスパッタ装置を用い、強磁性体Aに相当するNi-20原子%Feの層1、絶縁体Cに相当するSiO₂の層3、強磁性体Bに相当するCo-10原子%Feの層2、SiO₂の層3、Ni-20原子%Feの層1と順次成膜し、さらにCuの電極を付けた。各層の厚さは、層1および層2はそれぞれ100Å、層3は25Åとした。成膜条件は次のとおりである。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正内容】

【0031】〔実施例3〕図5(a)に模式的に示す、反強磁性体Dの層41および42により、強磁性体Aの層11および12の磁化方向を固定した素子を10個作製した。ガラス基板の上に、基板側から強磁性体BのNi-20原子%Feの層2、絶縁体CのAl酸化物層3、強磁性体AのCo-10原子%Fe層11および12、反強磁性体DのIr-82原子%Mnの層41および42を成膜した。膜の厚さはA、BおよびDの各層はいずれも100Å、C層は25Åである。まずNi-Fe合金のB層2を実施例1と同様イオンビームスパッタで成膜し、Al酸化物のC層3はRFスパッタ装置により金属Alを付着させた後、大気中にて24時間放置し自然酸化させた。次いで、DCスパッタ装置により、A層11および12のCoFe合金、およびD層41および42のIr-Mn合金を、いずれも400eVの直流磁界中で成膜した。